Ueber secundäre Veränderungen im Rückenmarke

nach

Oberarmexarticulationen.

(Aus dem Laboratorium der psychiatrischen und Nervenklinik des Herrn Geh. Med.-Rath Prof. Jolly.)

Inaugural-Dissertation

behufs

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen medicinischen Fakultät

der

Universität Basel

vorgelegt

von

Hermann Wille,
Assistenzarzt an der Irrenanstalt in Basel.

Genehmigt auf Antrag des Herrn Prof. Dr. **Roth.**

Mit einer lithographirten Tafel.

Berlin 1895.
Gedruckt bei L. Schumacher.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543921_0166

Meinem lieben Vater

Herrn Prof. Dr. L. Wille

gewidmet.

Die Lehre von den nach Amputationen und Exarticulationen entstandenen secundären Veränderungen im Rückenmarke ist bis jetzt immer noch keine gesicherte und abgeklärte. Trotz einer stattlichen Anzahl von Arbeiten konnten bis zur Stunde noch keine übereinstimmenden Resultate über Sitz und Art jenes histologischen Processes erzielt werden. Eine anatomische Veränderung im Rückenmarke nach einer Amputation durfte als ein auffallender Befund gelten und mit Recht Zweifel an seiner Richtigkeit erregen. Hatte doch Waller auf Grund seiner Experimente im Jahre 1856 die Lehre aufgestellt, dass nach Durchschneidung eines peripheren Nerven nur der periphere Stumpf zu Grunde gehe, während der centrale und die mit ihm im Zusammenhang stehende Ganglienzelle intact erhalten bleiben. Man schrieb deshalb der Zelle einen trophischen Einfluss auf die Faser zu und nahm an, die Thätigkeit der Zelle müsse eine aus sich selbst heraus erzeugte sein, unabhängig von äusseren Einflüssen. Zahlreiche Nachuntersuchungen konnten das Gesetz völlig bestätigen. Noch vor wenigen Jahren wurde es von Singer und Münzer[1])*) experimentell nachgeprüft, weil von verschiedenen Seiten Zweifel an dessen Richtigkeit laut geworden waren. Sie durchschnitten bei einem Kaninchen den N. ischiadicus an seiner Austritts-

*) Vergl. Literaturverzeichniss.

stelle aus dem Becken, konnten aber bei der Untersuchung des Spinalganglions und der mit ihm im Zusammenhang stehenden Nerven nichts auffinden, was der Lehre Waller's widersprechen würde. Und dennoch existiren in der Pathologie des Nervensystems sicher erwiesene Thatsachen, die sich absolut nicht mit dem Gesetz vereinbaren lassen. Die ersten Befunde, die geeignet waren, diese Lehre zu erschüttern, sind diejenigen, die sich aus der Untersuchung des Nervensystems der Amputations- und Exarticulationsfälle ergaben. Allein diese sind bis jetzt so verschieden und einander widersprechend, dass wir vorläufig nicht viel Gewicht darauf legen wollen. Dann sind es vor Allem zwei wichtige Arbeiten aus dem Jahre 1887. Joseph[2]), der auch die Experimente Waller's nachprüfte, fand bei peripherer Durchschneidung des Nerven eine partielle Degeneration im Spinalganglion und der hinteren Wurzel. Er nimmt nun allerdings an, dass es sich hier um Fasern handelt, die das Spinalganglion direct passiren, ohne mit Ganglienzellen in Berührung zu treten. Die zweite hierher gehörige Arbeit betrifft die Untersuchungen Forel's[3]). Er durchschnitt bei erwachsenen Thieren den N. facialis und fand nicht nur einen Untergang des peripheren Stumpfes, sondern auch des centralen und selbst des Kernes. Auch von anderen Forschern wurden dieselben Resultate erzielt. Das Waller'sche Gesetz ist somit in seiner jetzigen Form unhaltbar. Aus den angeführten Thatsachen dürfen wir nun schliessen, dass auch die nach Amputationen gefundenen Veränderungen im Rückenmarke im Bereich der Möglichkeit liegen.

Woher nun aber die so grosse Verschiedenheit in den Resultaten? Möglicherweise liegt die Ursache in der Unzulänglichkeit der uns zu Gebote stehenden Hülfsmittel. Es stammen ja auch ca. $^2/_3$ sämmtlicher hier in Frage kommender Arbeiten aus einer Zeit, wo die Gerlach'sche Carminfärbung sozusagen das einzige Hülfsmittel zur genaueren Untersuchung des Centralnervensystems war. Allein auch mit der Einführung der Weigert'schen Markscheidenfärbung unter die Hülfsmittel der mikroskopischen Technik (1884) wird die Uebereinstimmung keine wesentlich grössere. Meine eigenen Untersuchungen und das Studium der Literatur überzeugten mich aber, dass die Befunde gewiss nicht so differiren, wie angegeben wird. Gewisse Beobachtungen scheinen allerdings ganz unerklärlich und stehen in directem Gegensatz mit unseren heutigen Kenntnissen der normalen Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Ich glaube jedoch, dass in einer Reihe von Fällen in den Hintersträngen anatomische Veränderungen einfach deshalb übersehen worden sein dürften, weil sie gerade in den Partien des Rückenmarkes, wo man sie am ehesten sucht, nämlich in der jeweiligen Anschwellung, am

undeutlichsten zu sein pflegen. Hier breiten sich die Veränderungen über eine relativ grosse Fläche aus, stechen deshalb weniger hervor, als weiter oben, wo sie in Folge des Auftretens neuer Fasermassen auf einen relativ kleinen Fleck zusammengedrängt werden.

Zu meiner Untersuchung standen mir drei Präparate zur Verfügung, von denen ich zwei der Güte des Herrn Privatdocenten Dr. Hansemann in Berlin verdanke; das dritte, das mir Herr Professor Roth überliess, stammt aus dem hiesigen pathologisch-anatomischen Institut. Beiden Herren danke ich bestens für die freundliche Ueberlassung des Materials, sowie auch den Herren Geh. Rath Prof. Jolly und Privatdocenten Dr. Köppen für die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung und Untersuchung der Präparate.

Bevor ich jedoch nun auf die Besprechung meiner eigenen Präparate eingehe, möchte ich mir erlauben, in Kürze eine Darstellung des feineren Baues des Rückenmarkes zu geben, auf Grund der neuesten, vornehmlich mit Hülfe der Golgi'schen Methode an fötalem Untersuchungsmaterial erzielten Ergebnisse. Diese neuesten Forschungen vermögen uns das Verständniss der pathologischen Befunde sehr zu erleichtern. Eine erschöpfende und durchaus klare Darstellung finden wir in der Monographie Lenhossék's[4]).

Aus den Untersuchungen von His wissen wir, dass die Nervenfasern Producte der Nervenzellen sind. Sie vereinigen sich nicht, wie man früher annahm, erst in späteren Stadien mit der Zelle, sondern sind im Gegentheil nichts anderes wie ihre lang ausgewachsenen Ausläufer. Die motorischen Fasern entstehen aus den das Medullarrohr auf der ventralen Seite umgebenden sogenannten Keimzellen, deren Fortsatz nach einiger Zeit dasselbe verlässt und nun langsam peripherwärts vorgeschoben wird, bis er den ihm zugehörigen Muskel erreicht hat. Die sensiblen Fasern sind nicht Producte centraler Zellen, sondern bilden sich aus denjenigen der Spinalganglien. Diese Zellen, die in frühesten Stadien bei allen Vertebraten eine bipolare Form haben, schicken sowohl peripherwärts als nach dem Centrum je einen Fortsatz aus, von denen der erstere irgendwo in der Peripherie, der letztere nach kürzerem oder längerem Verlaufe in der grauen Substanz des Rückenmarkes oder der Medulla oblongata endet. Durch Umwandlungen in Protoplasma, wie Lenhossek annimmt, nähern sich bei den höheren Vertebraten und beim Menschen die beiden Ausläufer der Zelle im Verlaufe der Entwicklung immer mehr, um endlich zu dem von Ranvier zuerst beschriebenen T förmigen Fortsatze zu verschmelzen. Die Ansicht, die man bis jetzt von der Endigungsweise der sensiblen Fasern in der grauen Substanz des Rückenmarkes hegte, hat sich als unrichtig erwiesen; es giebt

keine directe Verbindung mit sensiblen Zellen wie man früher annahm, sondern die Fasern lösen sich in sogenannte Endbäumchen auf, die sich, indem sie Ganglienzellen umspinnen, in dem sogenannten Nervenfilze verlieren. Wie wir sehen, bilden also Nervenzelle, Nervenfaser und deren Verästelung zusammen eine in sich abgeschlossene Einheit, die mit anderen nervösen Einheiten keine weitere Vereinigung eingeht, als die des Contactes. Eine solche anatomische Einheit nennt Waldeyer ein Neuron.

Bald nach ihrem Eintritt in das Rückenmark unterliegen die Fasern innerhalb der Hinterstränge und der Randzone einer y-förmigen Spaltung. Die beiden Theilungsäste schlagen eine entgegengesetzte Richtung ein; der dünnere verläuft in der Längsrichtung des Markes nach abwärts und biegt nach kurzem Verlaufe in die graue Substanz ein; die dickeren nach aufwärts verlaufenden, theilt man je nach der Länge in kurze, mittlere und lange; die letzteren ziehen bis in das verlängerte Mark, wo sie in den Kernen des Hinterstranges enden. Die kurzen und mittleren vereinigen sich bei ihrem Eintritt in die graue Substanz zu Bündeln, die in der Umgebung bestimmter Zellcomplexe enden. So dringt ein grösserer Theil der sensiblen Fasern gleich nach dem Eintritt in das Mark von hinten in die graue Substanz ein, durchzieht und umkreist die Rolando'sche Substanz und beginnt sich schon hier in die Endbäumchen aufzusplittern, um zu enden. Der grössere Theil dieser Fasern jedoch verlässt die Rolando'sche Substanz wieder, dringt noch weiter nach vorn, um sich erst im mittleren Theil der grauen Substanz in seine Endzweige aufzulösen. Ein zweites Bündel zieht dem medialen Rande des Hinterhorns entlang bis über die Substantia Rolandi hinaus, um erst hier in die graue Substanz einzutreten. Durch die medialste Partie der ersterwähnten Fasergruppe zu einem ansehnlichen Bündel verstärkt, streben sie dem Vorderhorn zu, um sich über dessen ganzer Fläche auszubreiten. Lenhossék nennt dieses Bündel „collaterales postero-anteriores", Kölliker seiner wahrscheinlichen Function gemäss „Reflexcollateralen". Der Reflexvorgang vereinfacht sich demnach ungemein, indem die in Folge irgend eines Reizes verursachte Erregung von der sensiblen Faser mit Vermeidung der hypothetischen Schaltstücke, der sensiblen Ganglienzelle und der intracentralen Reflexfaser, durch directen Contact mit der motorischen Ganglienzelle eine Bewegung auslöst. Ein drittes, vorwiegend in der unteren Hälfte des Rückenmarkes ausgebildetes Faserbündel zieht im Hinterstrange noch weiter nach vorn, steuert direct auf die Gegend der Clarke'schen Säulen zu, um sich zwischen diesen Zellen in seine Endbäumchen aufzulösen. Ein beim Menschen sehr schwach entwickeltes Bündel verlässt die weisse Substanz vor den

Clarke'schen Zellen, bildet die hintere Commissur und endet vor der Rolando'schen Substanz der entgegengesetzten Seite.

Ganz wesentlich hat die Methode von Golgi unsere Kenntnisse auch in Betreff der Ganglienzellen gefördert und uns vor Allem gelehrt, diese Bildungen in anatomischer Beziehung richtig zu classificiren. Lage und Anordnung der Zellen in der grauen Substanz waren früher die Grundlage, auf die sich die Eintheilung stützte; dieses Princip hat sich als unzureichend erwiesen. Der neuesten Classification liegt das Verhalten des Nervenfortsatzes zu Grunde. Wir trennen demnach die Zellen in zwei Hauptgruppen:

1. solche, deren Ausläufer das Mark verlässt und
2. solche, deren Fortsatz während seines ganzen Verlaufes diesem Organ angehört.

Die erste Gruppe umfasst lediglich die grossen motorischen Ganglienzellen. Sie liegen ausnahmslos im Vorderhorn derselben Seite und bilden in der ganzen Länge des Rückenmarkes eine gut umschriebene Zellengruppe, die im Bereich der Hals- und Lendenanschwellung wieder in zwei Unterabtheilungen zerfällt, der vorderen und hinteren lateralen Zellengruppe oder, wie sie Lenhossék bezeichnet, der medial vorderen und der lateral hinteren motorischen Gruppe.

Sämmtliche übrigen Zellen des Rückenmarkes gehören der zweiten Gruppe an. Lenhossék bezeichnet sie insgesammt mit dem gemeinschaftlichen Namen „Eigenzellen des Markes", sie sind „Elemente, die bloss dem Binnenverkehr des Centralorgans" dienen. Für das Verhalten ihres Fortsatzes sind nun wieder zwei Möglichkeiten gegeben; entweder gehört er in seinem ganzen Verlaufe der grauen Substanz an, oder aber er verlässt dieselbe, dringt in den Markmantel ein, schlägt irgend einen der Stränge der Längsrichtung ein, um erst nach kürzer oder längerem Wege wieder in die graue Substanz zurückzukehren und hier seine Endverästelung zu finden. Die ersteren werden nach ihrem Entdecker „Golgi'sche Zellen" genannt; sie sollen beim Menschen spärlich vertreten sein und sich auf die Hinterhörner beschränken; ihr Ausläufer löst sich in ihrer nächsten Nähe in seine Endreiserchen auf.

Die übrigen Zellen, deren Ausläufer die graue Substanz verlässt, sind die sogenannten Strangzellen, weil die Gesammtheit ihrer Fortsätze, mit Ausnahme der Hinterstränge und Pyramidenbahnen, den weissen Markmantel aufbaut. Diese Zellen haben meist mittlere Grösse und sind regellos über das Grau des Rückenmarkes ausgestreut. Je nach der Richtung, die der Axencylinder einschlägt, bezeichnet man sie als Vorderstrang-, Seitenstrang- und Hinterstrangzellen. Auch die Clarke-schen Zellen, deren Ausläufer die Kleinhirnseitenstrangbahn bilden,

schliessen sich diesem Verhalten an, unterscheiden sich aber dadurch von den anderen, dass sie im Lumbal- und unteren Dorsalmark eine scharf begrenzte Gruppe bilden, deren Elemente sich auch durch ihre Grösse von den analogen Zellen abheben. Eine fernere Ausnahme bildet die Zellgruppe im Vorderhorn, die man früher als mediale Vorderhornzellen von den anderen unterschied und ihnen motorische Functionen zuschrieb. Auch sie formiren beim Menschen eine wohl abgrenzbare, sich auf das Vorderhorn beschränkende Gruppe; sie zeichnen sich aber auch noch durch das Verhalten ihres Ausläufers wesentlich von den anderen aus, indem derselbe in die vordere Commissur eindringt, die Mittellinie des Markes überschreitet und in den medial von den austretenden Vorderhornwurzeln gelegenen Theil des Vorderstranges einbiegt, wo er sich in einen auf- und absteigenden Ast trennt. Diesem Verhalten des Fortsatzes gemäss nennt man sie Commissurenzellen; ihre Function ist demnach nicht motorisch, sondern sie sind auch Binnenzellen des Markes. Ein Bruchtheil der Ausläufer dieser Zellen löst sich im Mark der entgegengesetzten Seite in seine Endfasern auf.

Nach dieser Abschweifung von unserem Thema auf die normale Anatomie, die mir erlaubt schien, weil die angeführten Thatsachen noch neu und noch nicht allgemein verwerthet sind zur Erklärung pathologischer Befunde, wollen wir nun zur Beschreibung der Fälle übergehen.

In zwei meiner Fälle handelt es sich um eine Exarticulation im linken Schultergelenk. Die eine derselben wurde im 50. Lebensjahre vorgenommen wegen einer Verletzung. Der Mann starb 10 Jahre später an Cirrhosis hepatis. Der Mann, von dem das zweite Präparat stammt, lebte nach der Operation noch 40 Jahre. Die Ursache dieses Eingriffes finde ich in dem Protokoll nicht angegeben (das Präparat stammt von einer Privatsection); der Tod trat ein in Folge Phthisis tuberculosa pulmonum. Von diesem letzteren Falle stand mir Rückenmark und verlängertes Mark zur Verfügung, dagegen vom ersteren nur das Rückenmark bis zum 5. Cervicalnerven. Beide Präparate wurden von der Höhe des 2. Dorsalnerven an soweit untersucht, als Veränderungen zu finden waren und die Schnitte zur Controle mit der Hämatoxylinmethode nach Weigert und der Modification derselben nach Pal, mit Carmin und der Kernfärbung (Alaunhämatoxylin) behandelt und untersucht. Vom Falle I. war leider das Mark in der Höhe der Halsanschwellung schlecht gehärtet, so dass auch die Färbung nicht gut gelang; Veränderungen sind sicher nachzuweisen, nur sind hier die Grenzen nicht deutlich. Beide Fälle lieferten, soweit die Präparate mit einander verglichen werden können, übereinstimmende Resultate, so dass wir sie auch gemeinschaftlich besprechen können. Das dritte Rückenmark, das ich unter-

suchte, betrifft eine Amputation des rechten Oberarmes wegen Caries des Ellenbogengelenkes; 4 Jahre später Tod in Folge hochgradiger Verbrennung; auch hiervon konnte ich leider die Veränderungen nur bis zur Höhe des 4. Cervicalnerven verfolgen. Sämmtliche Schnitte dieses Präparates wurden nach der Nissl'schen Methode untersucht. Um vergleichbare Resultate der pathologischen und normalen Seite zu erhalten, durfte ich nur diejenigen Zellen bei der Zählung berücksichtigen, die scharf begrenzte Gruppen bilden und nicht in allzugrosser Zahl vorhanden sind, um die unvermeidlichen Fehler möglichst klein zu gestalten. Ich liess deshalb sämmtliche Strangzellen ganz ausser Acht und beschränkte die Untersuchung auf die motorischen Vorderhorn- und die Commissurenzellen. Bei ersteren war es nicht schwierig in der Höhe des VII. und VIII. Cervicalnervenpaares die oben erwähnte Trennung in die beiden Unterabtheilungen vorzunehmen, während in sämmtlichen übrigen Schnitten die Totalsumme beider Seiten mit einander verglichen wurde. Der Nervus accessorius Willisii, der, eigentlich streng genommen nicht in das Gebiet der uns hier interessirenden Veränderungen gehört, reicht mit seiner spinalen Wurzel bis zum VI. Cervicalnerven herab und bildet im Vorderhorne auch eine circumscripte Zellgruppe, weshalb ich ihn auch in den Bereich der Untersuchung gezogen habe. Was seine genauere Localisation betrifft, so bin ich völlig den Angaben gefolgt, die uns Kaiser[5]) übereinstimmend mit Roller und Dees in seiner Arbeit über die Ganglienzellen des Halsmarkes gegeben hat.

II. Dorsalnerv: Weisse und graue Substanz beider Rückenmarkshälften gleich gut ausgebildet; keine Veränderungen nachweisbar.

I. Dorsalnerv: a) Fall 1 und 2. Beide Rückenmarkshälften circa gleich gross; der linke Hinterstrang ist etwas schmäler wie der rechte, und zwar betrifft diese Verschmälerung nur den Burdach'schen Strang; der Goll'sche Strang, der hier schon deutlich vom Keilstrang abzugrenzen ist, weist keine deutliche Verkleinerung auf. Das linke Hinterhorn ist etwas schmäler wie das rechte; die Vorderhörner jedoch lassen keine deutlichen Unterschiede nachweisen. Entlang der medialen Grenzlinie des Hinterhornes ist in vielen Präparaten (Weigert, Pal), nicht in allen, ein über die Mitte der Substantia Rolandi reichender hellerer, faserärmerer Streifen zu sehen. In den mit Carmin behandelten Präparaten ist nicht mit Sicherheit an entsprechender Stelle eine bindegewebige Vermehrung nachzuweisen, in den Nervenquerschnitten nichts Abnormes zu finden. Das linke Hinterhorn ist etwas faserärmer wie das rechte; das Vorderhorn scheint keinen Verlust an Fasern erlitten zu haben.

b) Die folgenden Zahlen beziehen sich nur auf den Fall, dernach Nissl untersucht wurde. Uebereinstimmend mit den übrigen zwei Fällen finden wir auch hier eine Verschmälerung des der Amputationsseite entsprechenden Hinterstranges; sie ist jedoch weniger deutlich, wie diejenige der anderen Präpa-

rate, wahrscheinlich deshalb, weil dieser Fall bedeutend früher zur Section kam (4 Jahre nach der Operation). Auch die graue Substanz weist Veränderungen auf, nämlich eine geringe Verkleinerung, ohne jedoch die deutliche Gestaltsveränderung des Vorderhornes aufzuweisen wie dasjenige der anderen Fälle (s. u.). Auskunft über andere Veränderungen vermögen uns Präparate, die nach Nissl behandelt sind, nicht zu geben; ich glaube deshalb, mich damit begnügen zu dürfen, die erwähnte Uebereinstimmung an dieser Stelle zu betonen, um nicht bei der Beschreibung einer jeden Wurzelhöhe sie von Neuem wiederholen zu müssen.

Commissurenzellen		Motorische Zellen	
pathol.	normal	pathol.	normal
7	6	30	20
8	7	34	24
8	4	16	16
11	10	20	29
13	12	17	10
8	9	12	20
10	9	27	17
16	16	15	17
11	12	30	29
6	11	16	16
11	15	18	24
10	17	16	22
119	128	251	244

VIII. Cervicalnerv: Linke Rückenmarkshälfte schmäler wie rechte, verursacht durch eine Verschmälerung des Burdach'schen Stranges und der ganzen grauen Substanz. Die beiden Keilstränge verhalten sich hinten wie 2 : 3, weiter vorn ist die Verschmälerung eine geringere, während die Goll'schen Stränge intact sind. Was den übrigen Markmantel betrifft, so sind nicht mit Bestimmtheit Verkleinerungen nachzuweisen. In einzelnen Präparaten hat es den Anschein, als ob der Seitenstrang weniger gut entwickelt sei auf der Seite der Amputation; es ist jedoch diese Erscheinung keine constante. Die graue Substanz in toto gleichmässig befallen; sehr auffallend ist die Gestaltsveränderung des Vorderhornes; es ist in allen seinen Durchmessern verkleinert; die vordere Kante bildet eine nach hinten schwach concave Linie, während das auf der rechten Seite circa in der Mitte dieser Kante vorspringende Dreieck völlig fehlt; auch das Hinterhorn links deutlich schmäler wie rechts, was besonders klar im Bereich der Substantia Rolandi hervortritt. Die Degeneration im Hinterstrang ist deutlicher und breiter geworden und greift etwas über die vordere Grenze der Substantia Rolandi hinaus. Das ganze Hinterhorn ist faserärmer; sowohl ein deutlicher Schwund in den von hinten her eintretenden Fasern als vornehmlich auch in den seitwärts eintretenden Fasern; ferner sind auch die aus dem Hinter- in das Vorderhorn strahlenden Fasern weniger zahlreich und sehr eclatant erweist sich auch der Faserschwund im ganzen Vorder-

horne. Eine Verschmälerung der Nervenfasern in der degenerirten Partie ist nicht deutlich; die austretenden motorischen Wurzeln sind links faserärmer.

Commissurenzellen		Motorische Zellen			
		medial vordere		lateral hintere	
pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
5	5	31	31	43	48
6	8	31	26	49	45
7	3	34	20	32	20
9	6	40	44	17	44
5	2	32	40	34	35
5	3	42	39	13	25
8	6	34	40	35	47
2	5	14	21	46	41
3	2	42	31	18	37
4	3	40	44	33	30
5	5	17	21	50	49
59	48	357	357	370	421

VII. Cervicalnerv: Aehnliche Verhältnisse wie in den vorhergehenden Schnitten; nur noch ausgesprochenere Veränderungen. Die Verkleinerung des Burdach'schen Stranges ungefähr in demselben Verhältniss wie in der Höhe des VIII. Cervicalnerven, jedoch gleichmässiger, während die Verkleinerung der grauen Substanz hier noch beträchtlicher ist. Die Degeneration im linken Keilstrange reicht noch weiter nach vorn, lehnt sich aber centralwärts von den in das Hinterhorn einstrahlenden Fasern nicht ganz an die graue Substanz an. Die Degeneration beginnt auch hier an der Peripherie, zieht in schmalem Bande parallel dem äussersten Theil des Hinterhornes, um in der Höhe des peripheren Endes der Substantia Rolandi plötzlich sich in der Breite sehr auszudehnen und bis zu ihrem centralen Ende die ganze Breite des Keilstranges anzunehmen; peripherwärts von der Degeneration befindet sich also ein halbkreisförmiges normales Feld. Die Fasern der grauen Substanz verhalten sich ähnlich wie in der Höhe des VIII. Cervicalnerven. Das Vorderhorn ist hier noch schmächtiger wie oben; sein mittlerer Theil fehlt scheinbar, so dass es den Anschein hat, als ob mediale und laterale Partie an einander geschoben seien. Das Hinterhorn ist links viel plumper und schmäler wie rechts. Die beiden Commissuren sind in ihrer linken Hälfte gleich stark entwickelt, wie in der rechten; motorische Wurzeln auch hier betheiligt.

	Commissurenzellen		Motorische Zellen			
			medial vordere		lateral hintere	
	pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
	9	—	40	49	8	9
	11	5	16	12	9	11
	7	7	18	31	10	13
Transp.	27	12	74	92	27	33

	Commissurenzellen		Motorische Zellen			
			medial vordere		lateral hintere	
	pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
Latus	27	12	74	92	27	33
	1	3	39	23	12	19
	4	6	45	50	4	11
	7	7	41	39	20	15
	9	5	34	30	11	12
	3	4	38	41	10	8
	1	5	30	43	13	13
	7	5	39	42	10	12
	7	12	29	33	5	8
	4	10	30	36	9	9
	3	5	31	28	4	10
	5	4	26	28	14	15
	4	3	33	40	12	22
	4	4	29	32	10	13
	5	7	34	33	26	7
	7	4	41	45	8	9
	2	5	21	33	17	25
	6	6	43	36	19	18
	106	107	657	704	231	259

VI. Cervicalnerv: Die Verkleinerung des linken Burdach'schen Stranges ist hier noch beträchtlicher wie weiter oben; die übrigen Theile der weissen Substanz scheinen intact zu sein: auch das linke Vorderhorn ist mehr atrophisch wie oben, während das Hinterhorn im Grössenverhältniss den vorhergehenden Höhen entspricht. Die Degeneration im Hinterstrange hat an Umfang zugenommen; sie ist vorn von der hintern Commissur nur noch durch einen schmalen Streifen normaler Substanz getrennt; auch hinten reicht sie etwas weiter gegen die Peripherie zu. Die austretenden vorderen Wurzeln sind links schwächer wie rechts; auch sind die auf dem Querschnitt mitgetroffenen Hinterwurzeln rechts faserreicher wie links. Auf mehreren nach Weigert-Pal gefärbten Schnitten erscheint die vordere Commissur links schwächer als rechts; an der hinteren können keine Unterschiede aufgefunden werden.

	Commissurenzellen		Accessorius		Motorische Zellen	
	pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
	17	14	21	13	50	52
	5	6	9	13	49	60
	8	14	11	6	44	53
	7	7	12	13	46	34
	13	16	11	15	45	42
	10	14	10	6	49	57
Transp.	60	71	74	66	283	298

	Commissurenzellen		Accessorius		Motorische Zellen	
	pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
Latus	60	71	74	66	283	298
	7	12	10	16	41	55
	9	9	14	15	38	40
	5	7	8	9	36	52
	10	8	7	5	30	37
	6	2	5	7	41	46
	7	3	5	7	45	45
	8	5	13	14	31	43
	4	7	9	9	48	49
	5	2	13	11	43	42
	5	6	4	8	43	57
	3	8	8	6	42	47
	6	6	4	4	45	56
	5	3	7	14	41	42
	7	7	10	9	57	42
	147	156	191	200	864	951

V. Cervicalnerv: Die Verkleinerung ist hier vielleicht eine etwas geringere wie weiter unten, weniger deutlich drückt sich dies in der weissen als in der grauen Substanz aus. Das Vorderhorn zeigt ähnliche Gestalt, ist nur in allen Dimensionen etwas verkleinert; der Hinterstrang differirt etwas weniger in der Stärke von dem der normalen Seite. Die Degeneration reicht vorn noch etwas weiter gegen die hintere Commissur, lässt aber immer noch zwischen sich und derselben einen schmalen Streifen weisser Substanz. Die hintere Begrenzungslinie der Degeneration bildet hier wieder einen nach vorn convexen Bogen, der mit beiden Schenkeln an der Peripherie beginnt, nämlich aussen etwas medial vom Hinterhorn, innen im Sulcus intermedius post. sin., die Kuppe des Bogens befindet sich in der Höhe der Rolando'schen Substanz. In ihrem vorderen Theil ist die Degeneration dichter wie weiter hinten; die vor der Substantia Rolandi in die graue Substanz eintretenden Bündel sind auch hier noch links bedeutend faserärmer wie rechts in ähnlichen Verhältnissen wie oben. Dasselbe gilt für die direct von hinten in das Hinterhorn eintretenden Fasermassen, doch sind auch diese faserreicher wie in der Höhe des Cervicalnerven VI, VII und VIII. Das Vorderhorn auch noch weniger dicht mit Fasern besetzt. Austretende motorische Wurzeln links schwächer wie rechts.

	Commissurenzellen		Accessorius		Motorische Zellen	
	pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
	23	19	16	19	2	3
	18	14	5	8	7	12
	19	15	8	8	10	5
	13	18	5	4	17	10
Transp.	73	66	34	39	36	30

	Commissurenzellen		Accessorius		Motorische Zellen	
	pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
Latus	73	66	34	39	36	30
	16	17	10	10	26	30
	11	13	7	9	18	11
	15	14	4	7	15	14
	6	11	7	9	11	16
	9	9	3	2	6	11
	9	11	7	8	49	45
	5	13	4	9	41	46
	8	11	10	3	41	44
	13	15	8	7	40	37
	13	8	7	8	23	57
	6	11	6	6	40	53
	15	11	5	4	30	40
	13	7	7	6	47	40
	6	9	3	6	16	12
	218	226	122	133	439	486

IV. Cervicalnerv: Die graue Substanz ist auf der Seite der Exarticulation nur noch wenig verkleinert, während der Hinterstrang noch immer eine sehr bedeutende Verschmälerung aufweist; die Wurzeleintrittszone ist hier frei von jeder Degeneration. Das Degenerationsfeld ist von dieser Höhe an schmäler wie weiter unten.

Commissurenzellen		Accessorius		Motorische Zellen	
pathol.	normal	pathol.	normal	pathol.	normal
13	22	9	7	2	3
18	13	6	13	5	3
18	18	7	5	2	2
20	14	10	16	3	5
7	12	9	4	—	2
8	8	4	8	—	—
15	18	6	9	—	—
19	15	4	4	3	4
15	8	6	11	3	2
2	10	2	3	7	5
8	3	1	1	3	10
9	8	1	6	4	4
8	6	3	1	7	4
10	7	1	4	—	7
1	9	3	4	8	6
12	6	2	1	1	3
183	177	74	97	48	60

III. Cervicalnerv: Die graue Substanz beider Hälften gleich gross, gleich reichlich mit Fasern versehen; die in das Hinterhorn eintretenden Fasern der Amputationsseite entsprechen der Zahl nach der normalen Seite. Der Burdach'sche Strang noch stark verkleinert, vielleicht etwas weniger wie oben. Die Degeneration reicht auch hier nicht ganz bis zur hinteren Commissur und beginnt am medialen Rande des Hinterhorns erst in der Höhe des vorderen Umfanges der Substantia Rolandi, zieht von da an rückwärts in schmalem Bande entlang dem Sulcus intermed. post.

II. Cervicalnerv: Die Degeneration im Burdach'schen Strange berührt in ihrer ganzen Länge das Hinterhorn nicht; die Verkleinerung drückt sich mehr im vorderen Theil des Stranges aus, während hinten, wo die bindegewebliche Vermehrung eine schwächere ist, die Breite des linken Stranges fast der des rechten gleichkommt.

I. Cervicalnerv: Beide Hälften ähnlich wie in der Höhe des II. Cervicalnerven. Die Degeneration ist in ihrer ganzen Länge durch einen schmalen Streifen normaler weisser Substanz vom Hinterhorn getrennt.

Medulla oblongata (die Präparate stammen von dem Patienten, der nach der Operation noch 40 Jahre am Leben blieb): Im Beginne der Pyramidenkreuzung erstreckt sich die Degeneration von der grauen Substanz bis zur Peripherie; ihr Breitendurchmesser hat bedeutend zugenommen, während durch das Zurückschieben der hinteren Commissur als Folge der nach vorwärts sich drängenden Pyramidenfasern der antero-posteriore Durchmesser kürzer geworden ist. Medial grenzt die degenerirte Partie an den Goll'schen Strang an; ihre laterale Grenze ist vom Hinterhorn durch einen breiten Streifen normaler Substanz getrennt. Vom Auftreten des Kernes des Keilstranges an, macht sich auch hier oben eine Verschmälerung des Burdach'schen Stranges geltend; der Kern selbst ist von seinem Beginne an auf der Amputationsseite schwächer entwickelt, wie der der anderen Seite. Es treten sichtbar von vorne weniger Fasern in ihn; auch ist er selbst deutlich faserärmer. Der Kern der normalen Seite weist uns ein dichtes Fasernetz sich allseitig kreuzender Fasern auf, während wir auf der pathologischen Seite nur mehr einzelne von hinten nach vorn ziehende Faserbündel sehen. Der Faserschwund scheint gleichmässig über den ganzen Kern ausgebreitet zu sein; eine Reduction in der Zahl der Ganglienzellen ist sehr wahrscheinlich, aber nicht sicher.

Weiter centralwärts, in einer Höhe, wo der Goll'sche Strang sich völlig in seinen Kernen verloren hat, und wo auch der N. hypoglossus als deutliches Bündel zu erkennen ist, können wir im Kern des Keilstranges zwei Abtheilungen erkennen; die äussere schmälere, welche die innere nach der Peripherie zu überragt, zeigt ihre Nervenfasern zu 2–3 stärkeren Bündeln angeordnet, zwischen denen sich grössere Zellencomplexe finden; die einzelnen Bündel stehen mit einander durch ein feines Gewirr von Fäserchen in Verbindung. Die mediale Abtheilung hat mehr die Form eines stumpfen Kegels; in ihr sind die Fasern weniger deutlich zu Längsbündeln angeordnet, vielmehr durchdringen sie sich von allen Seiten und formiren ein dichtes Fasergewirr, das einzelne lichtere Flecke freilässt, wo sich die Zellen zu Gruppen sammeln. In dieser

Höhe breitet sich die Degeneration hauptsächlich medial und vor der inneren Hälfte des Kernes aus, ist vor der äusseren nur noch schwach angedeutet und weiter lateralwärts im Burdach'schen Strang gar nicht mehr vorhanden. Der Kern ist in toto verkleinert, weniger ausgesprochen die laterale als vornehmlich die mediale Partie, die fast um $^1/_4$ kleiner ist als die entsprechende rechte. Der Faserschwund ist hier ein ganz beträchtlicher, und zwar auch gleichmässig ausgebreitet; ein Fehlen von Zellen ist auch hier nicht mit Sicherheit festzustellen, doch auch sehr wahrscheinlich. Die laterale Partie ist auch etwas faserärmer, aber nicht so ausgesprochen. In einzelnen Präparaten hat es den Anschein, als ob auch weniger Fasern vom Kern in die Schleifenkreuzung eintreten; es ist aber kein constanter Befund; auch lässt sich in der Kreuzung selbst nichts Abnormes finden. Auf Schnitten, wo der Keilstrang im Kern aufgegangen ist und letzterer direct an das Corpus restiforme anstösst, lässt sich im Kern nicht mehr mit Sicherheit eine Veränderung nachweisen.

Was nun diese Befunde betrifft, so habe ich hier vor Allem zu betonen, dass es sich in diesen Fällen nicht um allgemeine, diffuse, sondern um circumscripte, genau localisirbare, mit der Höhe im Rückenmarke wechselnde Veränderungen handelt, deren Sitz und Ausdehnung aber jeweils übereinstimmend ist mit der Lage im Ursprungsgebiet des Plexus brachialis. Nicht wie öfters behauptet wurde, haben wir es mit einer allgemeinen Atrophie der der Amputation entsprechenden Rückenmarkshälfte zu thun, sondern der Process beschränkt sich, soweit wir ihn makroskopisch und mikroskopisch verfolgen können, auf diejenigen Provinzen des Rückenmarkquerschnittes, die wir auch anatomisch in directer Beziehung mit den dieses Centralorgan aufsuchenden oder verlassenden Nervenbündeln des Armgeflechtes wissen, sei es, dass sie als ihre Durchgangs- oder ihre Endstationen dienen. Es sind dies der Burdach'sche Strang und die graue Substanz. Die übrigen Theile des Markmantels sind wahrscheinlich am Processe nicht betheiligt, wenigstens ist es mir unmöglich, constante Veränderungen nachzuweisen. In einzelnen Präparaten sind allerdings die Seiten- und Vorderstränge der Amputationsseite bald schmäler, bald gleich wie auf der anderen Seite. Da nun der Befund kein constanter ist und wir auch in Verbindung mit ihm jede feinere histologische Affection vermissen, so glaube ich, ihn eher auf Rechnung physiologischer als pathologischer Differenzen schreiben zu dürfen, besonders da auch Homén[6]) in seiner Arbeit ausdrücklich betont, dass gewisse Unterschiede in der Grösse der beiden Rückenmarkshälften in physiologischer Breite kein seltener Befund seien.

In den Veränderungen der Hinterstränge fasse ich die secundäre Degeneration*) als den primären, die Atrophie des ganzen Burdach-

*) Degeneration im Sinne von Forel siehe Seite 572. 73 .

schen Stranges als den secundären Process auf, und zwar als eine Folge der vermehrten Bindegewebsentwickelung und Ausdruck der narbigen Schrumpfung. Ich finde eine Stütze dieser Ansicht in dem gegenseitigen Verhalten von Degeneration und Atrophie. Vergleichen wir nämlich in den verschiedenen Höhen des Halsmarkes die beiden Rückenmarkshälften mit einander, so fällt uns auf, dass die Verkleinerung allerdings den ganzen Strang befällt, aber nicht gleichmässig, sondern bald vorn, bald hinten stärker ausgesprochen ist. Im untern Theil der Halsanschwellung ist entsprechend der auf die Wurzeleintrittszone beschränkten Degeneration, die Atrophie auch mehr peripherwärts am deutlichsten, weiter oben in der oberen Hälfte der Intumescentia treffen wir ungefähr den ganzen Strang gleichmässig befallen und im obersten Halsmark beschränkt sich die Verkleinerung vorwiegend auf die vorderen Partien. Dasselbe gilt auch für die Atrophie der grauen Substanz, die sich innerhalb der Grenzen hält, in welchen wir auch einen Untergang von Nervenfasern nachweisen können. Eine willkommene Unterstützung meiner Behauptung bietet ferner der von Darkschewitsch[7]) veröffentlichte Fall. Verfasser verwendete zur Untersuchung die von Marchi und Algeri eingeführte Methode mit Osmiumsäure, mittelst welcher es möglich ist, schon die frühesten Stadien der Degeneration nachzuweisen. Es gelang ihm, nach der Durchschneidung des N. ischiadicus am oberen Ende des Schenkelhalses bei einem erwachsenen Meerschweinchen schon nach 6 Wochen eine Degeneration zu constatiren, zu einer Zeit, wo noch keine Volumensänderung nachzuweisen war. An der Degeneration nahmen Theil die Wurzeleintrittszone, die Fasern, die aus dem Hinterstrang in das Hinterhorn einstrahlen, deren Erkranktsein bis in das Vorderhorn verfolgt werden konnte, und die austretenden motorischen Wurzeln.

Was die Verminderung der Zahl der motorischen Vorderhornzellen betrifft, so finden wir Angaben darüber bei den meisten Autoren, die in der Lage waren, solche Fälle zu untersuchen. Sehr auffällig ist es, wie die meisten das Bestreben haben, den krankhaften Process dieser Zellen in Verbindung zu bringen mit der Atrophie im Gebiete der hinteren Wurzeln, und zwar geschieht dies schon zu einer Zeit, wo man noch keine Ahnung hatte von dem innigen Contact der Vorderhornzellen und der sie umspinnenden Endbäumchen der hinteren Wurzeln. Hayem[8]) (1875) war der erste, der jene Erklärung aufstellte.

Friedländer und Krause[9]) sogar, die in ihren Präparaten ausschliesslich die hintere laterale Vorderhornzellgruppe ergriffen finden, zählen auch diese Gruppe zu den sensiblen Zellen; zu diesem Schlusse kommen sie, weil ihre vorderen Wurzeln unbetheiligt und die Clarke-

schen Säulen, deren Zusammenhang mit den sensiblen Nerven zu jener Zeit schon bekannt war, bei ihren Oberschenkelamputationen hochgradig in Mitleidenschaft gezogen sind. Auch Marinesco[10]) nimmt an, dass ein Ausfall derjenigen Reize, die den motorischen Zellen mittelst der Reflexcollateralen zugeleitet werden, nicht gleichgültig sein könne für die normale Function und das Erhaltenbleiben dieser Gebilde. Auf diese letztere Erklärung haben wir später noch näher einzugehen.

Die von mir gefundenen Verhältnisszahlen der Anzahl der Zellen der pathologischen und normalen Seite differiren von den Befunden der meisten Autoren. Am meisten Uebereinstimmung finde ich noch mit Homén, der experimentell nach Schulterexarticulation bei einem mehrmonatlichen Kaninchen, das nach der Operation noch zwei Jahre gelebt hatte, auch zu Zahlen wie 4 : 5, 5 : 6, 6 : 7 kommt, während z. B. Friedländer und Krause nach einer Unterschenkelamputation Verhältnisse wie 2 : 3, bei einer Oberschenkelamputation 1 : 3, Marinesco gleichfalls nach einer Oberschenkelamputation 1 : 3 findet. In dem gleichen Falle trat auch in der Halsanschwellung wieder eine schwache Atrophie des Vorderhorns auf; die Summe der beiderseitigen motorischen Zellen verhielten sich immer noch wie 7 : 10. Die erwähnten Fälle blieben nun allerdings nach der Operation noch bedeutend länger am Leben, als mein eigener Fall. Dürfen wir aber diesem Umstande allein diese hochgradigen Veränderungen zuschreiben? Ich glaube nicht, ich möchte sogar die Richtigkeit dieser Befunde anzweifeln; denn diese Zahlen sind um so auffälliger, wenn man weiss, dass von allen Seiten betont wird, die Veränderungen in den Vorderwurzeln seien ganz geringfügig, oft kaum nachweisbar, ja Friedländer und Krause negiren überhaupt jede Veränderung. Wie wir bestimmt wissen, entspringen aber sämmtliche motorischen Fasern aus den motorischen Ganglienzellen des Vorderhorns und da Zelle und Fortsatz zusammen ein Ganzes bilden, der letztere ohne intacte Zelle nicht bestehen kann, so können diese Angaben nicht ganz richtig sein. Dieser Punkt bedarf also noch sehr der eingehenden Nachprüfung.

Dasselbe gilt auch von den Veränderungen der Accessoriusgruppe, die ich gefunden habe, und die bis jetzt in keiner Arbeit erwähnt sind. Die Verminderung der Zahl der Zellen ist eine von unten nach oben aufsteigende und hält sich in kleinen Grenzen. Denkbar wäre es schon, dass die Degeneration einer Anzahl von Reflexcollateralen ihren Einfluss auch auf diese Zellen ausübt; noch mehr möchte ich einen Ausfall von indirecten Reizen beschuldigen, die vielleicht auf dem Wege der Strangzellenfasern vermittelt wurden und bei der Thätigkeit der Oberextremität eine Masse von Mitbewegungen anregten, die nun alle noch nur vereinzelt

und abgeschwächt oder gar nicht mehr zu Stande kommen. Immerhin dürfen wir nicht vergessen, dass es sich um einen primär unverletzten Apparat handelt. Das Neuron ist erhalten, ebenso das von ihm beeinflusste periphere Organ; auch die bewussten Impulse können ungehindert zugeleitet werden. Die Besprechung der Veränderungen der Commissurenzellen möchte ich auf später versparen. In allen diesen Gruppen kann ich nun in den erhaltenen Zellen keine gröberen Veränderungen auffinden; es ist möglich, dass sie eine Spur kleiner sind, auffällig ist es nicht. Ein Blick durch das Mikroskop würde nicht genügen zu entscheiden, ob die betreffenden Zellen der normalen oder pathologischen Seite angehören.

Die Medulla oblongata wurde bis jetzt nur in einem Falle in den Bereich der Untersuchung gezogen, und zwar mit positivem Resultate. Dickinson[11]) gelang es in einem Rückenmark, das von einer am Oberarm amputirten Person herstammte, die Atrophie des Hinterstranges bis in die Gegend der Pyramidenkreuzung zu verfolgen; oberhalb der Kreuzung konnten keine Veränderungen mehr nachgewiesen werden. Experimentell gelang es Homén, aber nur nach Exarticulationen und Amputationen der oberen Extremität, denselben Process wie unten auch in dem verlängerten Mark aufzufinden. Er constatirt eine geringe Verkleinerung des Kerns des Keilstranges und stellt auch eine minimale Betheiligung des Kerns des zarten Stranges nicht bestimmt in Abrede. In meinem Falle ist der letztere Kern sicher nicht befallen; im Burdach'schen Strange und dem Kern dieses Stranges beschränkt sich die Degeneration auf die mediale Hälfte; die äussere Hälfte, die analog dem schmalen Streifen normaler Substanz, der im oberen Halsmark der inneren Kante des Hinterhorns entlang zieht, weiter oben auch erhalten geblieben ist, scheint demnach die Fortsetzung der oberhalb der Halsanschwellung eingetretenen hinteren Wurzelfasern zu sein. Jenseits des Kernes fand ich keine sicheren Anhaltspunkte für die Annahme einer weiter fortgeschrittenen Degeneration. Es steht dies in voller Uebereinstimmung mit den Beobachtungen sowohl über secundäre Degeneration nach Verletzungen des Halsmarkes beim Menschen (Schultze[12]), Kahler und Pick[13]), Patrik[14])), als auch über Degenerationen, die erzeugt wurden, die secundären Veränderungen in der Medulla oblongata zu studiren (Löwenthal[15]).

Vergleichen wir unsere Resultate mit denjenigen Befunden, die sich nach Durchschneidung der Rückenmarkswurzeln ergeben, so finden wir eine auffallende Uebereinstimmung; sie differiren nur quantitativ in der Intensität des Processes. Nachdem nun auch in den Amputationsfällen im extramedullären Theile der Nerven mit ziemlicher Sicherheit dege-

nerative Veränderungen nachgewiesen wurden, so kann uns auch die grosse Verwandtschaft der beiderseitigen Folgen dieser Eingriffe nicht mehr wundern. Im centralen Stumpf des durchschnittenen Nerven wird nun mit ziemlich allgemeiner Uebereinstimmung ein aufsteigender degenerativ-atrophischer Process angenommen, dessen Intensität mit der Entfernung vom Operationsfeld allmälig abnimmt. In den Spinalganglien sind die Verhältnisse sehr schwierig richtig zu beurtheilen. Homén allein hat schon makroskopisch eine bedeutende Atrophie gefunden, hält auch die Zellen für atrophisch; jedoch fand er in seinen Weigert-Präparaten, dass eine beträchtliche Anzahl von Fasern an der Peripherie des Ganglions nicht die normale schwarze Farbe angenommen haben, sondern gelblich gefärbt sind. Auch in den Hinterwurzeln wiesen seine Präparate degenerativ-atrophische Veränderungen auf, aber in geringerem Grade wie im centralen Stumpfe. Für einen degenerativen Process der vorderen Wurzeln tritt nur Marinesco mit Bestimmtheit ein, wenigstens für ihren intramedullären Theil, während sämmtliche andere Untersucher, wenn sie überhaupt eine Veränderung gefunden haben, nur eine Atrophie wollen gelten lassen. Die Wurzeln meiner beiden Rückenmarke waren leider nicht genügend erhalten, um selbst die Prüfung dieser Frage in die Hand nehmen zu können. Ich glaube, dass zweifelhafte und negative Befunde mit der Mangelhaftigkeit der Untersuchungsmethode in Zusammenhang stehen. Meine Rückenmarksquerschnitte aus dem Gebiete der ersten Dorsalwurzel lehren zur Genüge, dass die Veränderungen in jeder einzelnen hinteren Wurzelzone nur wenig ausgesprochene sein können. Hätten wir eine periphere Verletzung, die im Rückenmark nur eine Veränderung in der Höhe der 1. Dorsalwurzel bedingte, so könnten wir gar nicht mit voller Sicherheit für den secundären Process im Centralorgan eintreten; er wäre uns wahrscheinlich völlig entgangen. Wir sind in unseren Fällen erst weiter oben durch die Summation der Veränderungen mehrerer Wurzelgebiete im Stande, die Degeneration deutlich zu erkennen. So ist es auch mit den Wurzeln; in jeder einzelnen Wurzel finden wir nur einen Bruchtheil des Processes; um solche kleine Veränderungen nachweisen zu können, brauchen wir auch feine Methoden. Um die Folgen experimenteller Eingriffe an Thieren zu studiren, genügt die Methode nach Marchi, die uns, so lange der Process noch in der Entwickelung begriffen ist, auch unbedeutende pathologische Vorgänge mit Sicherheit anzeigt. Beim Menschen jedoch, wo wir meist nur Gelegenheit haben, Jahre lang bestehende Veränderungen zu untersuchen, kann uns, wie es mir scheint, nichts anderes zum Ziele führen, als ein Zählen und Messen der dicken und dünnen Fasern auf der normalen und pathologischen Seite und ein

Vergleichen der beidseitigen Verhältnisszahlen. Experimentelle Durchschneidungen sowohl sensibler als motorischer Gehirnnerven an jugendlichen und erwachsenen Thieren zum Zweck des Studiums der daraus resultirenden Veränderungen in den Nerven und Nervenkernen haben bis jetzt alle positive Resultate ergeben; warum sollten nun die gemischten Nerven anders auf diese Eingriffe reagiren, wie diejenigen, die nur einer Function dienen?

Sollten sich diese Schlüsse thatsächlich bewahrheiten, so hätten wir es somit auf der ganzen Strecke von der Amputationsstelle bis in die Medulla oblongata hinauf, mit einem einheitlichen Process zu thun, mit einem degenerativ-atrophischen Processe sowohl des motorischen als sensiblen Neurons. In dieser Auffassung differire ich nun wesentlich mit den meisten Autoren, die sich bis jetzt eingehender mit diesem Capitel der Neurologie befasst haben. Denselben Gedanken finde ich nur von Forel[3]) vertreten; er schreibt: „Die secundäre Degeneration und die Atrophie nach Eingriffen bei Neugeborenen sind nach meinem gegenwärtigen Dafürhalten keine verschiedenen, sondern ganz gleichartige Processe, welche zunächst in einer Nekrose des betreffenden Elementes oder Elementstückes und zwar in seiner ganzen Ausdehnung zugleich bestehen. Die nekrotischen Elemente müssen nun resorbirt werden. Es bilden sich Körnchenzellen etc., schliesslich werden auch diese resorbirt; es entsteht ein dichtes Gliagewebe, das aber zugleich immer mehr schrumpft, so dass, je mehr Zeit seit dem zerstörenden Eingriff verflossen ist, desto mehr die Degeneration zur Atrophie wird. Der Hauptunterschied zwischen dem Neugeborenen und dem Erwachsenen liegt in der Raschheit des ganzen Processes. Was beim Neugeborenen in wenig Tagen fertig wird und fast keine Residuen hinterlässt, dauert bei Erwachsenen länger und hinterlässt vor Allem bedeutende Residuen. Das ist leicht zu begreifen, wenn man an den intensiven Stoffwechsel, den intensiven Kampf ums Dasein zwischen den einzelnen Zellen im Säuglingsalter denkt".

Zum Vergleich stelle ich in folgender Tabelle in chronologischer Reihenfolge die Befunde der mir bekannten bis jetzt veröffentlichten Untersuchungen an Menschen und Thieren zusammen.

a) Amputationen und Exarticulationen beim Menschen.

Autor.	Operation.	Lebensdauer nach der Operation.	Folgezustände.
1. Vulpian[16]) 1868	Amputation des rechten Oberschenkels	45 Jahre	Unterer Theil der Lumbalanschwellung: rechte Rückenmarkshälfte schwächer als linke entwickelt; hauptsächlich war betroffen graue Substanz und Vorderstrang. Nervenzellen der rechten Seite einander mehr genähert, aber von normalem Aussehen.
2. Vulpian 1868	Amputation des linken Unterschenkels oberhalb der Malleolen	20 Jahre	Ganze linke Hälfte schwächer wie rechts; am bedeutendsten in der Mitte der Lumbalanschwellung, hier vornehmlich Vorderhorn und Vorderstrang betroffen. Weiter oben nur noch weisse Substanz betheiligt. Die Hinterstränge sollen am meisten ihre Dimension bewahrt haben.
3. Vulpian 1869	a) Exarticulation im linken Hüftgelenk b) Amputation des r. Oberschenkels im unteren Drittel	10 Jahre 16 Jahre	In beiden Fällen Atrophie der einen Seite, wobei hauptsächlich der Hinterstrang befallen; am meisten in der Lumbalanschwellung. Verkleinerung dieses Stranges im 1. Falle bis in die Höhe der Cervicalanschwellung, im 2. Fall bis in den unteren Theil des Dorsalmarkes zu verfolgen. Im 1. Fall unbedeutende Verkleinerung des Seitenstranges, gleichfalls der grauen Substanz in der Lendenanschwellung, besonders des Hinterhornes; im Vorderhorn scheinen eher weniger Zellen zu sein, besonders in der lateralen äusseren Gruppe.
4. Vulpian 1869	Amputation im mittleren Drittel des Unterarmes	1 Jahr	In der Halsanschwellung Atrophie des linken Vorderstranges; Hinterstränge haben gleiches Volumen.
5. Clarke[17]) 1868	Amputation des linken Oberschenkels	53 Jahre	Linker Hinterstrang $^1/_4$ schwächer entwickelt wie rechts; diese Atrophie auch im Dorsalmark erkennbar; Vermehrung des Bindegewebes im Hinterstrang; die einzelnen Nervenfasern bieten ein normales Aussehen. Graue Substanz unverändert. Makroskopisch beide N. ischiadici gleich; mikroskopisch konnten Markscheide und Axencylinder nicht mehr unterschieden werden; Bindegewebe vermehrt.
6. Dickinson[11]) 1869	a) Amputation des linken Oberarmes b) Amputation des rechten Unterarmes	23 Jahre 23 Jahre	In beiden Fällen Atrophie des Hinterstrangs der Amputationsseite, besonders in seinem vorderen Theile in der Cervicalanschwellung beträgt sie ca. $^2/_3$; keine Aenderung der histol. Structur.

Autor.	Operation.	Lebensdauer nach der Operation	Folgezustände.
			Im 1. Fall auch Med. obl. untersucht; in der Gegend der Pyramidenkreuzung ebenfalls Verkleinerung des Hinterstranges; oberhalb d. Kreuzung keine Atrophie mehr. Graue Substanz in der Lendenanschwellung verkleinert; keine Verminderung der Vorderhornzellen. Hintere Wurzeln verschmälert.
7. Dickinson[18]) 1873	Amputation des rechten Oberschenkels	15 Jahre	Rechtes Vorderhorn in der Lumbalregion besonders im oberen Theil desselben bedeutend schwächer wie das linke; auch die Anzahl der Nervenzellen vermindert.
8. Genzmer[19]) 1873	Amputation des rechten Oberschenkels	30 Jahre	Verkleinerung des rechten Vorderhornes in der Lendenanschwellung mit auffallender Verminderung der Ganglienzellen. Vordere Wurzeln dünner als auf der gesunden Seite. Hinterhörner und Hinterstränge zeigen weder qualitativ noch quantitativ eine Veränderung.
9. Friedreich[20]) 1873	Amputation des Vorderarmes	12 Jahre	Keine Veränderungen.
10. Hayem[21]) 1876	Exarticulation des Handgelenkes	5 Jahre	Atrophie des Vorderhorns und Verminderung der Nervenzellen, am meisten ausgesprochen in der Höhe des I. D. N. und VIII. C. N. Nerven der Amputationsseite dicker; Anzahl der Fasern vermehrt; an Stelle degen. Fasern Neubildung von feinen Fäserchen, die theilweise ohne Myelinscheide sind.
11. Leyden[22]) 1876	a) Amputation des Oberarmes b) Amputation d. Unterschenkels c) Amputation des Oberschenkels	3 Jahre $2^1/_2$ Jahre 5 Jahre	Alle 3 Fälle ergaben eine Atrophie der entsprechenden Rückenmarkshälfte besonders im letzteren Falle; hier nimmt der ganze weisse Markmantel an der Atrophie Theil. Vordere Wurzelbündel rechts schmäler als links, ebenso die hinteren und die die Subst. Rolandi durchsetzenden Faserbündel; graue Substanz verschmälert, Vorderhorn besonders in seiner äusseren Partie; hier fehlen auch Ganglienzellen. Die Hinterstränge zeigen nur eine kleine Differenz; die Structur ist überall intact. Die Differenz beider Rückenmarkshälften lässt sich in Fall c bis in das Cervicalmark verfolgen mit abnehmender Stärke und ist hier am deutlichsten im Vorderseitenstrang sowie im Vordernhorn; hier keine Differenz der Zahl der Ganglienzellen.

Autor.	Operation.	Lebensdauer nach der Operation.	Folgezustände.
12. Dejerine et Mayor[23]) 1878	a) 4 Fälle von Amputation des Oberschenkels b) 2 Amputationen d. Unterschenkels im oberen Drittel c) 1 Exarticulation im Schultergelenk d) 1 Amput. d. Unterarms im ob. Drittel	17. 22. 23. 30 Jahre 4, 9 J. 40 Jahre 5 Jahre	In allen Fällen deutliche Verkleinerung der der Amputation entsprechenden Hälfte in den Anschwellungen. Atrophie gleichmässig vertheilt über graue und weisse Substanz. Keine histol. Veränderungen; nur im Fall a in der Mitte der Lendenanschwellung in der Höhe von ca. 1 Ctm. eine deutliche Verminderung der Ganglienzellen, die vorwiegend die vordere innere Gruppe betrifft. Die Atrophie nimmt nach oben allmälig ab. In den Nervenwurzeln weder makroskopisch, noch mikroskopisch Veränderungen.
13. Kahler u. Pick 1880	a) Amputation des Oberschenkels im unteren Drittel b) Amputation des linken Vorderarmes im unteren Drittel	18 Jahre 6 Jahre	a) In der Lendenanschwellung eine auffallende Verkleinerung des Hinter- und Vorderhorns, sowie des Hinter- und Vorderstranges. Die motorischen Zellen theilen sie in eine mittlere, vordere und äussere Gruppe; in der ersteren waren die Zellen besonders vermindert. b) In der Höhe des V. und VI. C. N. Verkleinerung sowohl der grauen als weissen Substanz; besonders waren der Hinterstrang, der Hinterseitenstrang und das Vorderhorn ergriffen. Eine theilweise Atrophie und Verminderung der Vorderhornzellen war besonders in der äusseren Gruppe nachzuweisen.
14. Hayem u. Gilbert[24]) 1884	Amputation des rechten Oberarmes	7 Jahre	Atrophie des Hinterstranges und der grauen Substanz, insbesondere des Vorderhornes in der Halsanschwellung. Zwischen VII. C. N. und I. D. N. erhebliche Atrophie und Verminderung der Zahl der verschiedenen motorischen Zellgruppen; nur $^1/_4$ der Zellen vorhanden. Vordere und hintere Wurzeln atrophirt.
15. Friedländer und Krause[9])	2 Oberarmamputat. 4 Oberschenkelamput. 2 Unterschenkelamputation	3 Monate — 10 Jahre	Der Hinterstrang der amputirten Seite beträchtlich verschmälert. Die Atrophie bis in's Cervicalmark nachweisbar; keine histol. Veränderungen der Nervenfasern; nur findet sich eine geringe Kernvermehrung, die aber den Anschein macht, als ob eine normale Anzahl von Kernen auf einen kleineren Raum zusammengedrängt ist. Verschmälerung des Hinterhorns entsprechend der Verschmälerung des Hinterstranges; Verkleinerung des Vorderhornes in seinem lateralen Abschnitt, hier Zahl der hinteren lateralen Ganglienzellen vermindert, circa 2—3mal kleiner als auf der gesunden Seite; ebenso Zel-

Autor.	Operation.	Lebensdauer nach der Operation	Folgezustände.
			len der Clarke'schen Säulen in kleinerer Zahl vorhanden. Sie schliessen daraus, dass diese beiden Zellengruppen sensibel seien. Uebrige Vorderhornzellgruppe nicht betheiligt. Hintere Wurzeln: Abnahme der Zahl der Nervenfasern, Kernvermehrung.
16. Reynold[25] 1887	Amputation des linken Oberschenkels	6 Jahre	Ohne Veränderung bis Mitte Lumbalanschwellung; linke Hälfte des Querschnittes im mittleren und oberen Theil des Lendenmarkes verkleinert; graue Substanz mehr als weisse betroffen; linker Vorderstrang gar nicht, Seitenstrang etwas, Hinterstrang stark betheiligt. Beide Hörner in allen Richtungen verkleinert. Vorderhornzellen besonders in der postero-lateralen Gruppe atrophirt und der Zahl nach vermindert.
17. Marinesco[10] 1892	a) Amputation des l. Oberschenkels b) Amputation des r. Oberarmes	21 Jahre 10 Jahre	a) Atrophie der der Amputation entsprechenden Seite, an der aber nur Hinterstränge und ganze graue Substanz Theil nehmen. Sie betrifft nur die Goll'schen Stränge und lässt sich bis in das Cervicalmark hinauf verfolgen. Hintere Wurzeln in der Lumbalanschwellung links dünner wie rechts. Auffallende Formveränderung des Vorderhorns, das seine Vorsprünge und Buchten verloren hat. Im Dorsalmark ist die Atrophie der grauen Substanz verschwunden, während sie im Cervicalmark für das Vorderhorn wiederkehrt. Atrophie und Verminderung der postero-lateralen Zellgruppe im Vorderhorn im Verhältniss von 1 : 3; auch die anderen motorischen Zellgruppen sind betheiligt, aber nicht in diesem Verhältniss; weiter oben im oberen Theil des Lumbalmarkes und unteren Theil des Dorsalmarkes eine geringe Abnahme der Zahl der Zellen der Clarke'schen Säulen; auch im Cervicalmark findet sich wieder eine geringe Abnahme der hinteren lateralen Gruppe. Mikroskopisch finden wir eine bedeutende Abnahme der in die weisse Substanz einstrahlenden Fasern; gleichfalls ist das feine Fasernetz des Hinterhorns stark atrophirt. b) Gleiche Veränderungen wie im I. Falle, nur betrifft hier die Atrophie nur den Burdach'schen Strang; im Vorderhorn sind am Processe alle Zellgruppen betheiligt. Die Veränderung des Vorderhorns reicht bis zur I. Dorsalwurzel herab, die der Hinterstränge noch etwas weiter.

Autor.	Operation.	Lebensdauer nach der Operation.	Folgezustände.
			In der Dorsalgegend ebenfalls eine mässige Atrophie der Clarke'schen Säule. In den Spinalganglien der Amputationsseite ist auch Faserschwund vorhanden. Zellen sind intact.
18. P. Marie[26] 1892	Oberschenkelamputation	20 Jahre	Verkleinerung des Hinterstranges bis oben aufsteigend. Medulla oblongata nicht untersucht; in den einzelnen Fasern stärkere Bindegewebsentwicklung, die jedoch im Lenden- u. Cervicalmark nicht denselben Platz einnimmt; leichte Vermehrung des Bindegewebes im entgegengesetzten Hinterstrang, auch scheint der anterolaterale Strang der entgegengesetzten Seite an Volumen vermindert zu sein. Spinalganglien unverändert. In den vorderen und hinteren Wurzeln scheint das Verhältniss der feinen zu den gröberen Fasern vergrössert zu sein.
b) Experimentelle Untersuchungen.			
1. Hayem[5] 1873	Ausreissen des Nerv. ischiadicus an 2 ein Monat alten Kaninchen	2 Monate	In der Gegend des Nervenursprunges und auch etwas höher und tiefer Atrophie der ganzen entsprechenden Seite; sie ist im Hinterstrang und den Hinterwurzeln am meisten ausgesprochen. In der Umgebung des Eintrittes der hinteren Wurzeln findet sich auch Bindegewebsvermehrung. Zellen des Vorderhorns atrophirt und der Zahl nach vermindert, hauptsächlich in der äusseren hinteren Gruppe. Die Veränderung der Zellen erstreckt sich ca. 2 Ctm. höher hinauf als der Ursprung des I. Nerven, der zur Bildung des N. ischiadicus beiträgt, die Atrophie des Hinterhornes und Hinterstranges noch höher hinauf.
2. Mayser[27] 1877	Durchschneidung des N. ischiadicus beim neugeborenen Kaninchen	?	Atrophie des Hinterstranges, der sich im Dorsalmark verliert; Seitenstränge nicht betheiligt. Atrophie der grauen Substanz in der Lendenanschwellung, besonders des Vorderhorns, das in seiner äusseren Partie fast völlig von Zellen entblösst ist; mot. Wurzelbündel verschmälert; im Hinterhorn Substantia Rolandi am stärksten ergriffen, das Nervenfasernetz ist auffällig reducirt; hintere Commissur ebenfalls reducirt.
3. Erlitzky[28] 1880	a) Amputation des l. Vorderbeines b) Amput. d. rechten Vorderbeines oberhalb der Cubitalgel.	2 Jahre Ein erwachsener und	Bei den erwachsenen Hunden keine Veränderung; bei den jungen: Atrophie der Hinterwurzeln, Hinterstränge und Hinterhorns und Abnahme der Zahl und Grösse der Vorderhornzellen der der Amputation entsprechenden Seite. Keine

Autor.	Operation und Alter der Thiere.	Lebensdauer nach der Operation.	Folgezustände.
	c) Amput. des linken Hinterbeines d) Amput. d. rechten Hinterbeines oberhalb des Kniegelenkes an 3wöchentl. Hunden e) Amput. d. rechten und linken Hinterbeines an zwei alten Hunden	einjunger Hund starben früher	Veränderung der vorderen Wurzeln. — Keine histol. Veränderungen des Hinterstranges.
4. Homén[6]) 1890	Exarticulation an allen Gelenken an ca. 40 Hunden verschiedenen Alters	Bis zu 3 Jahren	a) Hüftgelenksexart. b. jung. Thieren. Gleichmässige bedeutende Atrophie des Hinterstranges, im geringeren Grade des Hinterhornes und noch geringerem Grade des Vorderhornes; keine deutliche Veränderung der Vorderseitenstränge; die Atrophie ist bedingt durch Schwund der Fasern der Wurzelzone; die vorhandenen Fasern vielleicht etwas schmäler. Kerne fast doppelt so zahlr. wie im anderen Hinterstrang; doch scheint es, dass eine normale Anzahl auf einen kleineren Raum zusammengedrängt ist. Verkleinerung des Vorderhornes bezieht sich hauptsächlich auf den lateralen Theil; hauptsächlich postero-laterale Gruppe ergriffen; Zellen etwas kleiner, mehr rundlich, verminderte Zahl von Fortsätzen. Verhältniss der Anzahl der Zellen der beiderseitigen Gruppen ca. 4 : 5; auch die übrigen mot. Zellgruppen betheiligt. Vordere Wurzeln verschmälert. Im unteren Dorsaltheil nur noch unbedeutende Atrophie des Hinterstranges vorhanden, die sich bis zur Mitte des D. M. verfolgen lässt. Im Dorsaltheil Verminderung der Zellen der Clarke'schen Säulen. b) Im Schultergelenk exartic. Thiere. Aehnliche Veränderungen wie unter a, hier auch der ganze Hinterstrang gleichmässig befallen; an der Peripherie ist die Atrophie am geringsten. Atrophie des Hinterstranges lässt sich bis in die Med. oblongata verfolgen; hier Verkleinerung des Nucleus cuneatus. Hintere Wurzeln bedeutend verschmälert, Faserzahl vermindert, Bindegewebe vermehrt; vordere Wurzeln nicht verändert. Spinalganglion makroskopisch schon verkleinert; Atrophie der Zellen fraglich; eine Anzahl degenerirter Fasern. Veränderungen an

Autor.	Operation und Alter der Thiere.	Lebensdauer nach der Operation.	Folgezustände.
			ausgewachsenen Thieren weniger deutlich entwickelt.
5. Darkschewitsch[7]) 1892	Durchschneidung des N. ischiadicus an erwachsenen Meerschweinchen	6 Wochen	Untersuchung der Lendenanschwellung nach Marchi. Hintere Wurzeln, die dem Hinterhorn anliegen und in dasselbe eindringen, zeigen degenerirte Fasern, ebenfalls die austretenden vorderen Wurzelbündel. Zellen des äusseren seitl. Abschnittes des Vorderhornes verkleinert.

Das Studium dieser Tabelle lehrt uns, dass sich in einem Punkte, nämlich der Frage nach der Localisation der secundären Veränderung die Ansichten immer mehr geeint haben, und es stimmen hier die Amputationsfälle mit den Thierexperimenten ziemlich überein. Die Veränderung in den Hintersträngen wird mit wenigen Ausnahmen als einfache Atrophie bezeichnet; durchgehen wir aber die einzelnen Beschreibungen näher, so stossen wir doch auf verschiedene Thatsachen, die grosse Aehnlichkeit mit meinen Befunden haben. Schon Clarke hebt in seinem Falle, einer Oberschenkelamputation, wo der Tod erst 53 Jahre nach der Operation eintrat, hervor, dass in dem der Amputation entsprechenden Hinterstrange das Bindegewebe vermehrt sei, die vorhandenen Nervenfasern aber nichts Abnormes bieten. Friedländer und Krause fanden in ihren Fällen, die alle bedeutend kürzer nach der Operation noch am Leben blieben, wie der Fall von Clarke, eine geringe Kernvermehrung, „die aber eher den Anschein mache, als ob eine normale Anzahl von Kernen auf einen kleinern Raum zusammengedrängt sei“. Sehr bestimmt erklärt P. Marie den Process in seinem Falle als einen genau localisirten degenerativen und nicht rein allgemein atrophischen, weil der sklerotische Streifen in seinen Präparaten im Cervicalmark einen ganz anderen Platz einnehme, wie in demjenigen des Lumbalmarkes. Auch in den Fällen von Marinesco muss es sich um eine Degeneration gehandelt haben, denn er bemerkt ausdrücklich, dass die graue Substanz der Amputationsseite bedeutend faserärmer, die aus dem Hinterstrang in das Hinterhorn einstrahlenden Faserbündel reducirt seien. Grosse Schwierigkeit bereitet es ihm den pathologischen Process in den Hintersträngen zu erklären, denn er findet nur in einem Falle einer Oberschenkelamputation „eine Spur“ von Degeneration im Goll'schen Strang. Trotzdem dass keine deutlichen qualitativen Ver-

änderungen da sind, müsse man doch schliessen, dass die Zahl der Fasern vermindert ist. Häufiger noch finden wir ähnliche Angaben bei den Thierexperimenten; von fünf Autoren sind drei in der Lage, entsprechende Befunde mitzutheilen. Hayem fand bei zwei einen Monat alten Thieren, die nach der Operation nur noch einen Monat gelebt haben, in der Umgebung des Eintrittes der hinteren Wurzeln, eine Vermehrung des Bindegewebes. Ueber ähnliche Befunde, wie Friedländer und Krause berichtet auch Homén, der auch in den Hintersträngen eine Kernvermehrung vorfindet; aber auch er betrachtet sie nicht als eine pathologische Kernvermehrung, sondern als eine Concentration einer normalen Zahl auf einen kleineren Raum. Von grosser Wichtigkeit ist der früher schon angeführte Befund von Darkschewitsch, der beim erwachsenen Meerschweinchen schon 6 Wochen nach der Operation deutliche Anhaltspunkte für einen bereits im Gange befindlichen degenerativen Process vorfand, und zwar im Bereich der vorderen und hinteren Wurzeln. Meine Untersuchungsergebnisse wären demnach nicht einmal so isolirt dastehend.

Als Erklärung der aus der peripheren Durchschneidung der Nerven resultirenden centralen Veränderung beschuldigte man, wie z. B. Vulpian, die Ruhe als Ursache und bezeichnete sie als Unthätigkeitsatrophie; doch passte die Atrophie der grauen Substanz, wenn sie sich auch meist innerhalb der Grenzlinien der betreffenden Anschwellung des Markes hielt, nicht recht zu dieser Theorie. Man suchte deshalb weiter und kam auf den Gedanken, es müsse sich um eine Irritation handeln, die von dem peripheren in der Narbe gelegenen Ende des centralen Stumpfes ausgehe und in gemischten Nerven aufwärts wandere bis in das Centralorgan und hier Ernährungsstörungen (Atrophien) verursache. Noch aus neuester Zeit stammt eine ähnliche Hypothese; P. Marie nämlich glaubt, weil eine grosse Zahl der bis jetzt untersuchten Fälle in der vorantiseptischen Zeit operirt wurde, eine septische Infection annehmen zu dürfen, die von der Operationsstelle im Nerven aus aufsteigend, im Bereiche des ganzen Nerven in Form der secundären Degeneration ihre Spuren zurücklässt. Unerklärlich ist hier nur, wie in seinem Falle gerade die motorischen Wurzeln verschont geblieben sein sollen. Eine von allen andern abweichende Erklärung geben Friedländer und Krause; sie fanden in den Nervenpräparaten ihrer centralen Stümpfe einen Untergang von Fasern und schätzten die Zahl der degenerirten Fasern in den Nerven, die von Hüft- und Fussgelenksexarticulationen stammen, als gleich gross; sie behaupten demnach, dass ein Theil der Nervenfasern ihr trophisches Centrum an der Peripherie in den Meissner'schen Körperchen habe und nach der Trennung vom Centrum nun

degeneriren müsse; der Process, der sich ihrer Ansicht nach, auf die sensible Sphäre beschränkt, erscheint centralwärts vom Spinalganglion nur mehr als Atrophie. Homén controlirte nun an Thieren die Behauptung von Friedländer und Krause und fand im Gegensatz zu diesen beiden, dass die Stärke der Degeneration im Nerven umgekehrt proportional sei der Entfernung des Ortes der Operation vom Centralorgane; ein zweiter Beweis gegen diese Autoren war der Nachweis des Unterganges auch derjenigen Fasern im peripheren Stumpfe, die mit den Meissner'schen Körperchen im Zusammenhange stehen.

Marinesco war es sehr auffällig, dass die Befunde so wenig übereinstimmen mit dem Waller'schen Gesetze, nach welchem wir eigentlich völlige Integrität sämmtlicher Theile erwarten dürfen, die noch mit ihrem trophischen Centrum in Verbindung stehen. Er stellt nun für den Mechanismus der Läsion folgende Erklärung auf: Die Endigungen der sensiblen Nerven werden durch die fortwährenden Reize, die sie von der Peripherie her empfangen, in einen Spannungszustand versetzt, der sich im Nerven als ein chemischer Process ausdrückt. Dieser regt im Spinalganglion einen biologischen Vorgang an, dessen Ausdruck der trophische Einfluss auf die Faser ist; die trophische Wirkung ist in Folge dessen nicht eine spontane Thätigkeit der Zelle, sondern ist abhängig von den peripheren Reizen. Ist nun wie z. B. bei der Amputation der periphere Nerv durchschnitten, so werden die für die Erhaltung der Ernährung und Function der Nerven nothwendigen Reize quantitativ und qualitativ verändert und so müssen sich die Folgen zuerst im Nervenfortsatz bemerkbar machen; er degenerirt. Auf die Dauer wird aber auch die Zelle selbst darunter leiden müssen. Auch die motorischen Zellen bedürfen solcher Reize von der Peripherie her, die ihnen hier auf dem Wege der Reflexcollateralen zukommen; fallen diese Reize weg, so müssen nun auch secundär die motorischen Neuronen erkranken.

Diese neue Lehre Marinesco's von der trophischen Function der Zellen kann auch in der natürlichsten Weise meine Befunde erklären; dass in meinen beiden Fällen die Degeneration in den Hintersträngen deutlich ausgesprochen war, die Marinesco mehr theoretisch vermuthet, ist ja nur eine Stütze mehr. Um so mehr glaube ich mich dieser Lehre anschliessen zu dürfen, als auch Goldscheider[29]), der im Februar 1894 in der Gesellschaft der Charitéärzte die Lehre von den trophischen Centren in kritischer Weise besprach, ganz bestimmt dafür eintritt, sie noch erweitert und in folgender Form aufstellt: „Die Ganglienzellen sind für die Erhaltung der Constitution der von ihnen entspringenden Axencylinder mit Endverästelung von integrirender Bedeutung; sie können

diese Function auf die Dauer nicht vollkommen erfüllen, wenn sie nicht durch functionelle Erregung in Thätigkeit erhalten werden; diese Erregung aber braucht nicht nothwendig von der Peripherie herzukommen; sie kann ebensogut vom Centrum stammen".

Nicht ganz zutreffend scheint mir die Erklärung Marinesco's für die Veränderung der motorischen Zellen zu sein, sie steht wenigstens nicht im Einklang mit gewissen Thatsachen der experimentellen Pathologie. Forel, Nissl, Darkschewitsch und Bregmann[30]) stimmen nämlich in ihren Untersuchungen über den Einfluss der Verletzung eines rein motorischen Nerven (N. facialis) beim erwachsenen Thier auf sein Centrum darin völlig überein, dass die secundären Veränderungen im Kern schon nach kurzer Zeit sehr hochgradige sind und in gar keinem Vergleich stehen mit unseren relativ ganz geringen Veränderungen in den motorischen Kernen des Armplexus; d. h. also auch die periphere Verletzung eines rein motorischen Nerven muss direct auf sein Centrum einwirken. Die in der Rinde ausgelösten bewussten Impulse können vor wie nach der Operation in beiden Fällen die subcorticalen und medullären Centren in einer gewissen Thätigkeit erhalten und sicherlich werden nicht mit einem Schlage im Zusammenhang mit der Operation sämmtliche centralen Reize ausbleiben, sondern sie werden langsam und allmälig schwächer; ob sie überhaupt je ganz verschwinden, ist eine grosse Frage. Dürfen wir unter diesen Umständen nicht daran denken, dass es in den Amputationsfällen gerade die noch in beträchtlicher Anzahl erhalten gebliebenen Reflexcollateralen sind, die, wenn auch veränderte, so doch beinahe continuirlich vorhandene Reize diesen Zellen übermitteln?

Eine bis jetzt viel discutirte Frage, in der immer noch keine Einigung erzielt werden konnte, dreht sich darum, ob die hinteren Wurzelfasern des Dorsalmarkes nur im Goll'schen Strange centralwärts verlaufen, oder ob sie sich über beide Hinterstränge vertheilen; ich glaube zur Lösung dieser Frage einen kleinen Beitrag liefern zu können. Es fiel mir nämlich bei der Lecture der Bruns'schen[31]) Beschreibung seines Falles von totaler traumatischer Zerstörung des Rückenmarkes etc. auf, dass er im Burdach'schen Strange ein kleines dreieckiges circumscriptes Degenerationsfeld beschreibt, das in meinen aus der Region der Halsanschwellung stammenden Präparaten im Gegentheil frei von jeder Veränderung geblieben ist. Bruns nimmt in diesem kleinen Felde Fasern an, die aus dem Dorsalmark und den $1^1/_2$ untersten Cervicalwurzeln stammen. Nach meinem Dafürhalten kann es sich an jenem Orte nur um Fasern handeln, die aus dem Brustmark stammen, und zwar aus Höhen, die unterhalb des Eintrittes der 1. Dorsalwurzel liegen.

Oberhalb der Halsanschwellung macht sich auch an jener Stelle eine feine Degeneration geltend, allerdings weniger deutlich, wie in den vorderen Partien des Hinterstranges. Aus meinen Schnitten lässt sich demnach nicht schliessen, was ferner aus jenen Fasern wird. Patrik, der das obere Halsmark und die Medulla oblongata des Brunsschen Falles untersucht hat, kann die Degeneration an derselben Stelle durch das ganze Mark bis in den Kern des Burdach'schen Stranges verfolgen, so dass wir wenigstens einen Theil der hinteren Wurzelfasern aus dem Dorsalmark auf den Burdach'schen Strang beschränken müssen.

Es erübrigt mir nun noch eines Befundes zu gedenken, dessen Besprechung ich absichtlich bis jetzt verschoben habe, nämlich der Verminderung der Commissurenzellen und der wahrscheinlichen Degeneration der Zellen des Kernes des Burdach'schen Stranges. Es leitet uns dies hinüber zu dem Capitel der indirecten Neuronen. Nach Koelliker unterscheidet man nämlich zweierlei Neuronen, directe und indirecte und versteht unter ersteren diejenigen, die mit den peripheren Endorganen (Muskel, Haut) direct in Verbindung treten, während die letzteren ganz im Centralorgan verlaufen, so dass also das directe motorische Neuron die motorische Ganglienzelle mit ihrem Nervenfortsatz, das indirect motorische Neuron, die Gehirnganglienzelle mit der Pyramidenfaser in sich begreift. Unter dem directen sensiblen Neuron versteht man die Spinalganglienzelle mit ihrem centralen und peripheren Fortsatz bis zu ihren entsprechenden Endverästelungen. In der grauen Masse des Rücken- und den Hinterstrangkernen des verlängerten Markes beginnen dann die indirecten sensiblen Neuronen; es sind dies die verschiedenen Strangzellenbahnen, zu denen auch die Clarke'sche Säule mit der Kleinhirnseitenstrangbahn gehört und die Schleifenbahn. Monakow und Andere betrachten nun im Gehirn das Uebergreifen einer Degeneration von einem Neuron auf das andere als ein ziemlich häufiges Vorkommniss. Aus der pathologischen Anatomie des Rückenmarkes sind mir nur zwei Krankheiten bekannt, bei denen ein Befallensein beider Neuronen sicher nachgewiesen ist; es ist dies die Tabes dorsalis, wo in seltenen Fällen eine Degeneration der Zellen der Clarkeschen Säulen mit aufsteigender Degeneration der Kleinhirnseitenstrangbahn neben der Hinterstrangaffection beobachtet wurde und die amyotrophische Lateralsklerose, wo z. B. Leyden annimmt, dass die motorischen Vorderhornzellen zuerst erkranken und erst secundär die Pyramidenbahnen befallen werden. Marinesco, Homén, Friedländer und Krause fanden bei ihren Oberschenkelamputationen eine deutliche Abnahme der Summe der Clarke'schen Zellen; aber wie aus ihren Beschreibungen

hervorgeht, ist es ihnen ebenso wenig gelungen, eine Affection der Kleinhirnseitenstrangbahn nachzuweisen, wie mir eine Degeneration in der vorderen Commissur und dem entgegengesetzten Vorderseitenstrang oder der Schleifenbahn. Eine Erkrankung der Zellen ohne Mitbetheiligung der dazu gehörigen Nervenfasern ist aber nach unseren jetzigen Begriffen völlig undenkbar; wie wollen wir uns nun diesen Befund erklären? Zweierlei wäre möglich; erstens könnte man einwenden, jedem Resultat, das nur auf Zahlen basirt, dürfen wir nur eine relative Genauigkeit beimessen; denn Fehler sind immer unvermeidlich. Zweitens wäre es ganz gut möglich, dass eine secundäre Degeneration vorhanden, aber nur so unbedeutend, dass sie der Beobachtung entgangen ist. Die Veränderung muss ja hier noch unbedeutender sein wie die der Hinterstränge. Den ersten Einwand muss man über sich ergehen lassen, so lange es nicht gelingt, die Erkrankung über die Zellen hinaus zu verfolgen, besonders da es sich in den meisten Fällen nur um unbedeutende Differenzen handelt. Bei Marinesco steht die Zahl der Zellen der pathologischen und normalen Seite in der Höhe der 1. Lumbalwurzel in einem Verhältniss von 5 : 6, in der Höhe der 12. Dorsalwurzel in einem solchen von 11 : 12; Homén fand experimentell im Gebiet des 2. Lumbalnerven noch die Verhältnisse von 7 : 7,5, im 12. Dorsalnerven 7 : 9 und in der Höhe des 7. Dorsalnerven war keine Abweichung auf der pathologischen Seite mehr. Noch geringer sind die Unterschiede bei meinen Commissurenzellen, nämlich 14 : 15 da, wo die Veränderung am ausgesprochensten ist. Nur von Friedländer und Krause wurden bedeutende Degenerationen constatirt; in zwei Fällen von Oberschenkelamputation sollen auf der Amputationsseite im Gebiete des untersten Brustmarkes die Zellen um die Hälfte reducirt sein. In solchen Fällen, sollte man glauben, müsste eigentlich im Halsmark, die Degeneration in der Kleinhirnseitenstrangbahn in einer Weise ausgesprochen sein, dass sie der Beobachtung nicht entgehen kann. Weitere Untersuchungen werden uns ja auch in dieser Frage noch Klarheit bringen und den streitigen Punkt in dem einen oder anderen Sinne entscheiden.

Wenn auch bis jetzt die Mehrzahl der Beobachtungen nicht mit meinen Befunden übereinstimmen, so glaube ich doch gezeigt zu haben, dass letztere keine Ausnahmefälle bilden, sondern sich gut in den Rahmen unserer heutigen Anschauungen über die normale Structur des Rückenmarkes einfügen. Ich wage deshalb auch die Behauptung aufzustellen, dass sie sich qualitativ nicht von den in anderen Präparaten vorhandenen Veränderungen unterscheiden können, sondern nur quantitativ. Der pathologisch-anatomische Process war hier deutlich ausgebildet, konnte demnach auch nicht der Beobachtung entgehen. Warum er in cor-

respondirenden Fällen einmal mehr, das andere Mal weniger gut entwickelt war, ist schwer zu entscheiden. Auf Grund meiner Befunde und verschiedener Thatsachen, die sich aus dem eingehenden Studium der Literatur ergeben, komme ich demnach zu folgenden Ansichten:

1. Nach Durchschneidung eines peripheren gemischten Nerven finden sich im Rückenmarke primäre Veränderungen von degenerativ-atrophischem Charakter;
2. Die Veränderungen machen sich im ganzen Gebiete des sensiblen und motorischen Neurons geltend und scheinen sich gleichzeitig über beide Neuronen auszubreiten. Die motorischen Ganglienzellen sind sicher am Processe betheiligt, für die Spinalganglienzellen fehlt uns noch der sichere Nachweis;
3. Das Uebergreifen der Veränderungen von einem directen Neuron auf das indirecte ist eine Möglichkeit und würde im Einklang stehen mit gewissen Rückenmarkskrankheiten.

Literaturverzeichniss.

1. Singer und Münzer, Beiträge zur Anatomie des Centralnervensystems, insbesondere des Rückenmarkes. LVII. Bd. der Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften.
2. Joseph, Zur Physiologie der Spinalganglien. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1887.
3. Forel, Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse. Archiv für Psychiatrie Bd. XVIII.
4. v. Lenhossék, Der feine Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschung. Fortschritte der Medicin Bd. X. 1892.
5. Kaiser, Die Functionen der Ganglienzellen des Halsmarkes. Haag, M. Nyhoff. 1891.
6. Homén, Veränderungen des Nervensystems nach Amputationen. Beiträge zur pathologischen Anatomie von Ziegler. Bd. VIII. 1890.
7. Darkschewitsch, Ueber die Veränderungen in dem centralen Abschnitt eines motorischen Nerven bei Verletzung des peripheren Abschnittes. Neurolog. Centralbl. Bd. XI. 1892.
8. Hayem, Archive de physiologie normal et patholog. Tome II.
9. Friedländer und Krause, Ueber Veränderungen des Nerven und des Rückenmarkes nach Amputationen. Fortschritte der Medicin Bd. IV. 1886.

10. Marinesco, Ueber Veränderungen der Nerven und des Rückenmarkes nach Amputationen; ein Beitrag zur Nerventrophik. Neurologisches Centralblatt Bd. XI. 1892.
11. Dickinson, On the changes in the nervous system which follow the amputation of limbs. Journal of anatomy and physiology. 1868.
12. Schultze, Beitrag zur Lehre von der secundären Degeneration im Rückenmark des Menschen. Archiv für Psychiatrie Bd. XIV.
13. Kahler und Pick, Weitere Beiträge zur Pathologie und pathologischen Anatomie des Centralnervensystems. Archiv für Psychiatrie Bd. X.
14. Patrik, Ueber aufsteigende Degeneration nach totaler Quetschung des Rückenmarkes. Archiv für Psychiatrie. Bd. XXV.
15. Löwenthal, Dégénérations secondaires ascendantes dans le bulbe rachidien, dans le pont, et dans l'étage supérieure de l'isthme. Revue médicale de la suisse romande. 1885.
Contribution expérimentale à l'étude des atrophies secondaires du cordon postérieur et de la colonne de Clarke. Recueil zoologique Suisse. 1888.
16. Vulpian, Sur les modifications qui se produisent dans la moëlle épinière sous l'influence de la section des nerfs d'un membre. Arch. de Physiologie normal et patholog. 1869.
17. Clarke, Medico-chirurgical transactions. Vol. LI. 1868.
18. Dickinson, Transactions of patholog. society of London. Vol. XXIV.
19. Genzmer, Veränderungen im Rückenmark eines Amputirten. Virchow's Archiv Bd. 66.
20. Friedreich, Ueber progressive Muskelatrophie. Berlin 1873.
21. Hayem, Progrès médical No. 11. 1876.
22. Leyden, Klinik der Rückenmarkskrankheiten.
23. Dejerine und Mayor, Recherches sur les altérations de la moëlle épinière et des nerfs du moignon chez les amputés d'anciene date. Bull. de la Société de biologie. 1878.
24. Hayem et Gilbert, Note sur les modifications du système nerveux chez un amputé. Arch. de physiologie 1884.
25. Reynold, Brain 1887.
26. P. Marie, Dégénérations secondaires des nerfs et de la moëlle consécutive à l'amputation d'un membre. Leçons sur les maladies de la moëlle. 1892.
27. Mayser, Experimenteller Beitrag zur Kenntniss des Kaninchenrückenmarkes. Archiv für Psychiatrie Bd. VII.
28. Erlitzky, Petersburger med. Wochenschrift 1880.
29. Goldscheider, Ueber die Lehre von den trophischen Centren. Berliner klin. Wochenschrift No. 18. 1894.
30. Bregmann, Ueber experimentelle aufsteigende Degeneration motorischer und sensibler Hirnnerven. Arbeiten aus dem Institut für Anatomie und

Physiologie des Centralnervensystems an der Wiener Universität. Herausgegeben von Obersteiner.

31. Bruns, Ueber einen Fall totaler traumatischer Zerstörung des Rückenmarkes an der Grenze zwischen Hals- und Dorsalmark. Archiv für Psychiatrie Bd. XXV.

Erklärung zu den Abbildungen (Taf. XI.).

Fig. 1—5 und Fig. 12 stammen von dem Falle, der nach der Operation noch zehn Jahre lebte; die übrigen Figuren von dem anderen Falle.

Die Zeichnungen wurden mit Loupenvergrösserung (1 : 2) hergestellt; Fig. 1—10 ist 4mal vergrössert, Fig. 12 8mal, Fig. 13 6mal vergrössert.

Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.